

Средняя температура воздуха в рекуператоре, $t_{\text{в}}^{\text{cp}}$	326 °C
Дымовые газы должны отдать в рекуператоре тепла, $\Delta q_{\text{в}}$	217 411 Вт
Энтальпия дымовых газов по выходе из рекуператора, $q''_{\text{д}}$	2 147 032 Вт
Общий коэффициент теплоотдачи, $\alpha_{\text{д}}$	23,2 Вт/(м ² °C)
Поверхность нагрева рассчитываемого рекуператора, F	27 м ²
Коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воздуху	20,9 Вт/(м ² °C)
Высота рекуператора, H	2,8 м

Из этих данных можно сделать вывод, что радиационный рекуператор не справляется со своей задачей, поэтому что бы обеспечить подогрев воздуха до температуры 580 °C перед фурменным поясом надо иметь показатели трубчатого рекуператора, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Показатели работы трубчатого рекуператора

Наименование параметра		Величина, ед. изм.
Температура дымовых газов после рекуператора, $t_{\text{д}}$		782 °C
Средняя логарифмическая разность температур, $\tau_{\text{ср}}$		286 °C
Средняя температура воздуха в рекуператоре, $t_{\text{в}}^{\text{cp}}$		330 °C
Общая длина труб, $L_{\text{т}}$		3,39 м
Габариты рекуператора	ширина	1,44 м
	длина	1,71 м

В ходе научно-исследовательской работы были сделаны следующие выводы: существующая система подогрева воздуха радиационным рекуператором не обеспечивает нагрев до 300 °C, как заявляет завод-изготовитель.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕЛЬЦПРОЦЕССА

Васькова Е.О., Матюхин В.И., Матюхин О.В.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия*

В условиях постоянно возрастающих потребностей промышленности в металлическом цинке процессу вельцевания твердых металлургических отходов отводится определяющая роль в выделении его соединений в оксидном виде. Для этого используются в основном процессы термической обработки и восстановления соединений цинка из твердой фазы во вращающихся печах углеродом твердого топлива, поступающего в рабочее пространство совместно с исходной шихтой, при относительно высоких температурах (до 1250 °C) и последующего окисления металлических возгонов цинка кислородом газовой среды.

Вращающаяся печь для реализации процесса вельцевания (рис. 1) представляет собой горизонтально расположенный барабан диаметром до 5 м и длиной до 60 м, наклоненный к горизонту под углом 1–3 градуса и вращающийся со скоростью 0,6–2,0 об./мин. Исходная шихта, поступающая в рабочее пространство печи по течке, состоит из рудных компонентов (руда, хвосты, промпродукты, шлаки, золы и другие отходы) и кокса, подаваемого с избытком. Гранулометрический состав используемых материалов представлен преимущественно кусками размером менее 10 мм.

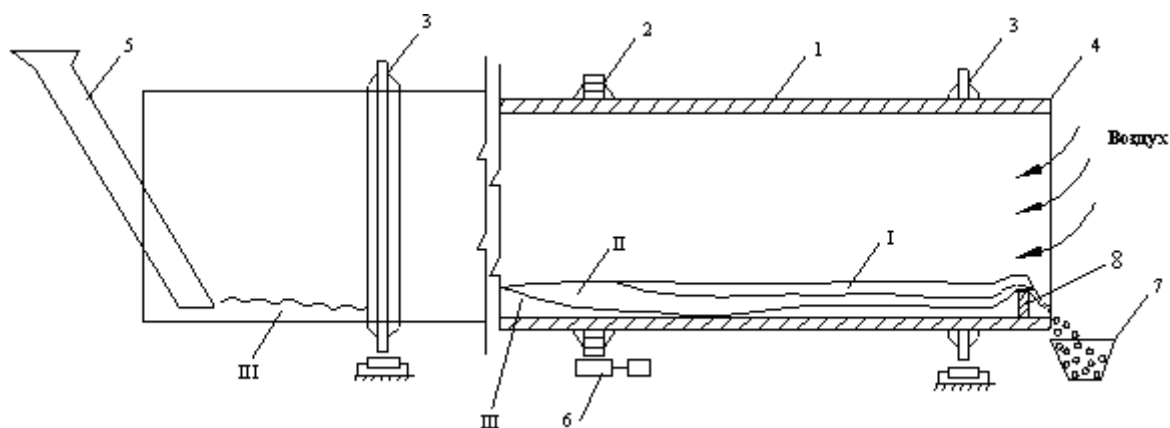


Рис. 1. Схема конструкции вельцпечи:

- 1 – металлический барабан; 2 – венцовая шестерня; 3 – опорный бандаж;
 4 – разгрузочный конец печи; 5 – загрузочная тетка; 6 – привод барабана;
 7 – обожженный продукт (клинкер); 8 – разгрузочный порог.
 I – окислительная зона; II – восстановительная зона; III – подготовительная зона.

Нагрев и термическая обработка исходных шихтовых компонентов производится в потоке дымовых газов, которые образуются при слоевом сжигании твердого топлива, а также при использовании факельного горения внешнего газообразного или жидкого топлива в отдельных горелочных устройствах, расположенных на торцевой части разгрузочного конца барабана.

Наиболее часто основным источником тепла в вельцпроцессе используется слой кокса класса –10 мм, который сжигается непосредственно в рабочем пространстве при взаимодействии его с кислородом воздуха печной атмосферы.

Исходя из механизма движения материалов во вращающейся печи, горение кусков топлива происходит в основном вблизи поверхности перемещающегося слоя.

При слоевом способе сжигания твердого топлива в пересыпающемся слое (рис. 2) его горение осуществляется в основном в диффузионном режиме и ограничивается глубиной не более 15–25 мм.

При использовании твердого топлива в вельцпроцессе происходит первоначальное его использование в качестве источника тепла вблизи поверхности слоя, образуя в печи окислительную зону. Последовательный нагрев исходных твердых компонентов шихты в рабочем пространстве вращающейся печи за счет конвективных и лучистых потоков создает условия для развития процессов восстановления диоксида углерода с образованием СО в газе и оксидов металлов в твердых компонентах шихты вблизи поверхности слоя. При этом химические реакции в материалах определенного размера испытывают значительные диффузионные затруднения вследствие кинетических ограничений процесса газового восстановления и контакта частиц между собой.

Начиная с момента соприкосновения кислорода воздуха, поступающего в рабочее пространство вельцпечи, с углеродом топлива преимущественное развитие получают реакции полного окисления, способствующие повышению уровня температуры в слое. Далее по ходу движения газов создаются условия для осуществления эндотермических вторичных реакций и процессов термического разложения топлива (восстановительная зона).

Общая длина зоны горения и газификации кокса в слое зависит от крупности кусков топлива, порозности слоя, скорости газового потока, скорости реакций, определяемых температурой, реакционной способностью углерода и концентрацией кислорода в воздушном дутье.

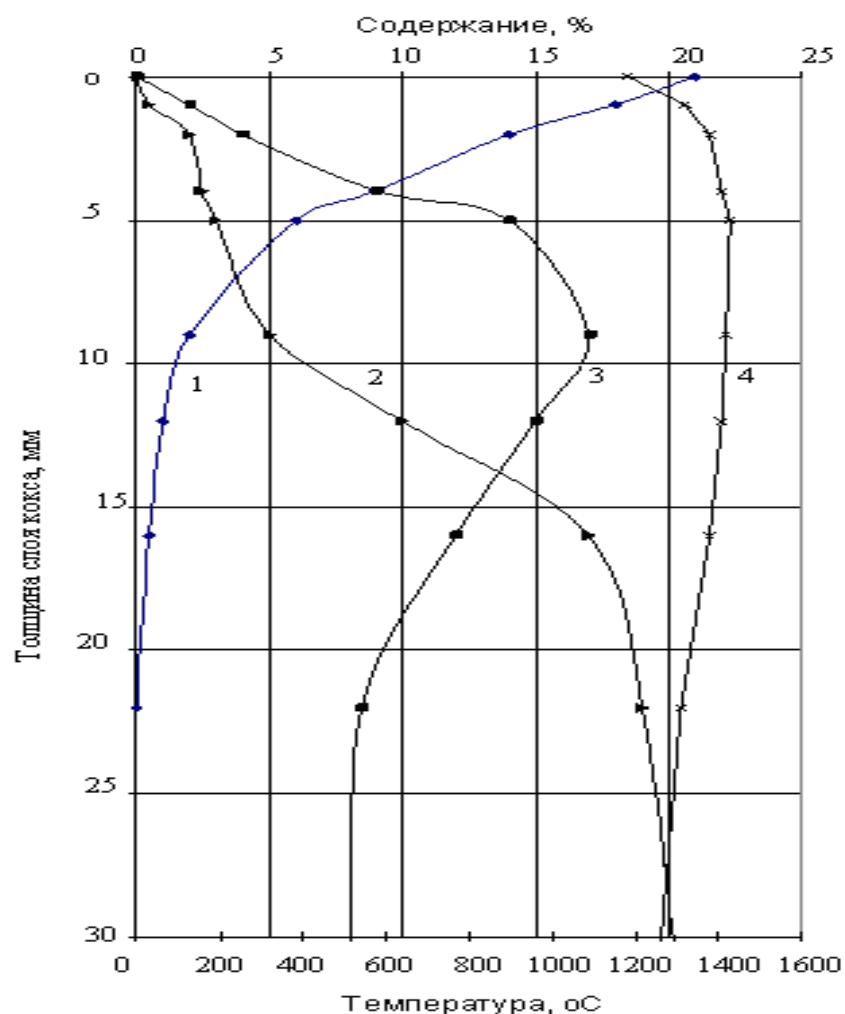


Рис. 2. Изменение температуры слоя горящего кокса (4) и состава газов вблизи поверхности слоя при скорости движения воздушного потока 0,2 м/с:
1 – кислорода; 2 – монооксида углерода; 3 – диоксида углерода

По условиям развития теплообменных процессов по длине печи можно выделить условно три тепловых зоны: подогрева материалов (зоны сушки, разложения сульфатов и карбонатов, часть восстановительной зоны при преимущественном развитии процессов окисления металлических возгонов в газовой фазе), теплогенерации при окислении углерода твердого топлива, а также подогрева воздушного дутья и образования потока теплоносителя.

Экспериментальные исследования кинетики уплотнения исходных материалов в режиме изоскоростного нагрева позволили выделить два режима спекания исходных материалов: твердофазное и жидкофазное.

Анализ данных (рис. 3) показывает, что при осуществлении вельцпроцесса нагрев шихтовых материалов во вращающейся печи производится в основном в режиме твердофазного спекания. Появление избыточной жидкой фазы в их структуре приводит к увеличению диффузионных затруднений для развития восстановительных процессов и снижает выход цинка. Лабораторными и промышленными исследованиями было показано, что одним из эффективных способов химической активации процесса спекания дисперсных компонентов является использование добавок углеродсодержащих материалов размещаемых во внутренней структуре сформированных кусков на стадии шихтоподготовки. Их влияние на развитие тепловых явлений в структуре нагреваемых материалов обеспечивается интенсивностью протекания окислительно-восстановительных реакций при взаимодействии углерода твердого топлива, включенного в структуру образцов, с кислородом и диоксидом углерода газовой среды уже на стадии подогрева. При этом формируемые продукты пиролиза углерода воз-

действуют на глубину и завершенность основных кристаллохимических преобразований минеральной основы сырья, что способствует повышению эффективности производства.

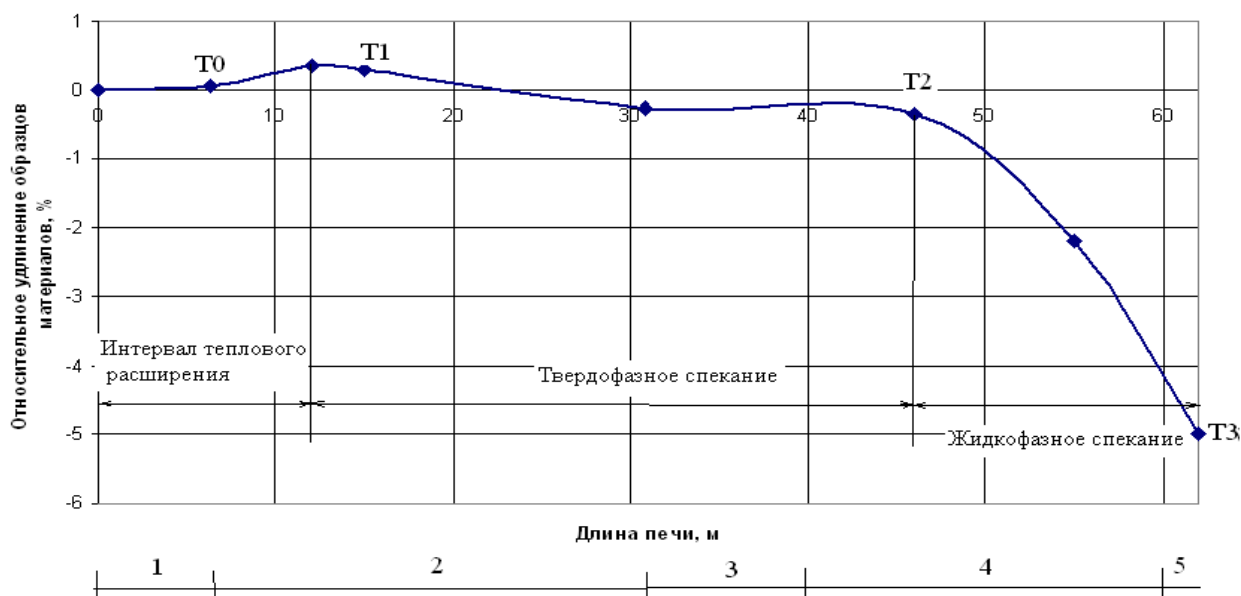


Рис. 3. Изменение линейных размеров образцов исходных материалов и протяженности зон их уплотнения во вращающейся печи:

T0 – начало спекания; T1 – начало интенсивного твердофазного спекания;
T2 – начало образования жидкой фазы; T3 – начало интенсивного образования жидкой фазы;
1 – зона сушки; 2 – зона разложения сульфидов и карбонатов;
3 – восстановительная зона; 4 – окислительная зона; 5 – зона охлаждения

Таким образом, при вельцевании шлаковых компонентов во вращающейся печи в присутствии углерода твердого топлива развиваются сложные физико-химические процессы, учет развития которых позволит существенно изменить эффективность производства.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ И КОКСА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Витькина Г.Ю., Дмитриев А.Н., Чесноков Ю.А.

*Институт металлургии УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия*

Традиционные способы совершенствования технологии доменной плавки – снижение расхода кокса и повышение производительности – в значительной степени исчерпаны. В их числе наиболее значимые: содержание железа в шихте, использование добавок к дутью (природный газ), нагрев дутья в воздухонагревателях и др. Наиболее перспективным способом, на наш взгляд, является повышение качества железорудного сырья и кокса.

Важным моментом в совершенствовании технологии доменной плавки является использование математического моделирования доменного процесса, которое позволяет изучать выходные параметры доменной плавки (расход кокса; производительность; степень использования восстановительного потенциала газа; температурные поля шихты и газа, в том числе трехмерные; линии равных степеней восстановления) при изменении входных параметров (параметры дутья; параметры шихты, включая распределение по радиусу и окружности; профиль печи и др.) без промышленных испытаний.